



[B] (11) KUULUTUSJULKAISU 62043
UTLÄGGNINGSSKRIFT

c (45) Patentti myönnetty 10 11 1982
Patent meddelat

(51) Kv.lk.³/Int.Cl.³ C 03 B 29/00 // C 03 B 27/00

SUOMI—FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patentihakemus — Patentansökning	802866
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	12.09.80
(23) Alkupäivä — Giltighetsdag	12.09.80
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig	13.03.82
(44) Nähtäväksi panon ja kuuljulkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utskriften publicerad	30.07.82
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	

(71) Tamglass Oy, Vehmaistenkatu 5, 33730 Tampere 73, Suomi-Finland(FI)

(72) Pauli Reunamäki, Nattari, Suomi-Finland(FI)

(74) Leitzinger Oy

(54) Menetelmä ja laite lasilevyjen kaareutumisen estämiseksi teloilla varustetussa vaakakarkaisulaitoksen uunissa - Förfarande och anordning för att förhindra böjningen av glasskivor i en med valsar försedd ugn i en horisontalhärdningsanordning

Aluksi tarkastellaan keksinnöllä ratkaistavana olevaa ongelmaa ja tähänastisia ratkaisuja. Kun kylmä lasi siirretään kuumaan yli 700°C lämpötilaiseen teloilla varustettuun uuniin, niin aluksi lasi kaa-reutuu voimakkaasti siten, että lasin reunat nousevat ylöspäin. Ilmiö on täysin luonnollinen, sillä telat luovuttavat lasiin lämpöä nopeammin alapuolelta kuin mitä lasi saa uunin yläosasta. Pääsyy ilmiöön on lasin kannatus- ja kuljetustelat. Telat johtavat lasiin lämpöä koskettamalla lasia ja kosketuskohdan molemmin puolin on suhteellisen leveä alue, jossa tela on hyvin lähellä lasia, jolloin lämpö siirtyy johtumalla väliaineen (ilman) kautta. On laskettavissa, että jos uunissa on teloja 120 mm välein ja telojen halkaisija on noin 95 mm, niin tällaisesta telamatosta johtumalla siirtyvä lämpövirta on suurempi kuin analogisesta tasopinnasta, joka sijaitsisi 3 mm etäisyydellä lasista. Uuni-olosuhteissa tämä vastaa noin 20 W/m²C lämmönsiirtymiskerrointa.

Tämän alkukaareutumisen aiheuttama haitta on siinä, että lasin keskusta lämpiää reunoja huomattavasti nopeammin, mikä saattaa aiheuttaa pahan optisen virheen pitkänä raitana lasin keskelle alueelle, jossa on ollut telojen ainoa kosketuskohta.

Lisäksi samaan kohtaan tulee myöskin jälkiä teloista, jolloin lasi on ollut täysin käyttökelvoton. Syynä jälkiin on luonnollisesti se, että telojen viivamainen kannatus kohdistuu erittäin kapeaan alueeseen lasin keskustassa, jolloin lasin pintarakenne murtuu tai hiertyy.

Seuraavissa tarkasteluissa on lämmön siirtyminen lasiin erotettu kolmeen osaan: säteilystä, johtumiseen ja konvektioon, koska vain siten voidaan helposti selvittää alussa kuvattu haitallinen ilmiö lämmitysuunissa. Lasin yläpuolelta katsoen lämpö siirtyy pääasiallisesti säteilystä ja konvektion kautta. Johtumislämmön osuus on niin pieni, että se voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle.

Tilanne on toinen lasin alapinnalla, sillä säteilystä ohella siellä on erittäin voimakas johtumislämpövirta. Konvektion osuutta lämmön-siirrossa on erittäin vaikea arvioida, mutta on varmaa että johtumiseen nähden se on erittäin pieni.

Jos tarkastellaan aluksi karkeasti näiden kolmen lämmönsiirtomuodon käyttäytymistä lämmitysvaiheessa, niin ne eroavat toisistaan huomattavasti:

I Säteily

Säteilylämpö noudattavaa tunnetusti Stefan-BolzmANNin laista johdettua kaavaa:

$$q_s = \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

ϵ_1 = lämmön lähteen emissiokerroin (puoliavaruus)

ϵ_2 = lämmön vastaanottajan emissiokerroin

σ = Stefan-BolzmANNin vakio $[5,67 \text{ W/m}^2(100^\circ\text{K})^4]$

T_1 = lämmön lähteen lämpötila (puoliavaruus)

T_2 = lämmön vastaanottajan lämpötila

q_s = säteilyteho (W/m^2)

$\epsilon_1 \cdot \epsilon_2 = \epsilon$ jonka arvo lämmitettäessä lasi on noin 0,6

Kaavioissa 1 ja 2 käyrät B ja D kuvaavat edellisestä kaavasta emissiokertoimella $\epsilon = 0,6$ laskettuja säteilylämpövirtoja, kun kyseisen lämpöä luovuttavan puoliavaruuden lämpötila on joko 720°C , 700°C tai

670°C (993°K, 973°K tai 943°K) ja lämpiävän lasin lämpötila on toisena muuttujana.

Kaavioista voi nähdä, että lämmön siirtyminen lämmityksen alkuvaiheissa ei kovin nopeasti muutu, vaikka lasin lämpötila nousee. Loppussa taas lämmitysteho putoaa hyvin jyrkästi. Itse asiassa lämmön siirtokerroin kasvaa koko ajan lasin lämmitessä.

Edellisestä seuraa, että yritettäessä selvittää lasin käyttäytymistä uunissa lämmityksen aikana, ei voida käyttää lämmönsiirtokertoimenä vakiota, vaan asiaa on selvitettävä kaaviolla kuten tässä esityksessä on tehty.

II Johtuminen ja konvektio

Johtuminen tunnetusti lasketaan kaavasta:

$$q_j = \lambda (T_1 - T_2) / a$$

q_j = lämpövirta (W/m²)

λ = kaasun lämmönjohtavuus (ohut kerros)

$T_1 - T_2$ = lämpötilaero

a = johtumismatka

Lämmönsiirtymiskerroin on tässä tapauksessa lähes vakio eli lasin lämpötilasta riippumaton. Pieni muutos tapahtuu luonnollisesti siirtä johtuen, että kun lasi tulee uuniin, niin lämpötilan keskiarvotelojen sekä lasin välillä on noin 350°C, ja lasin lähtiessä uunista vastaava keskiarvo on noin 650 - 670°C. Tällöin ilman lämmönjohtavuus vaihtelee 0,048 - 0,064 W/m °C alueella, mikä on suhteellisesti katsoen vähäinen muutos, koska johtumalla tapahtuva lämmön siirtyminen muutenkin on suhteellisesti ottaen vähäinen lämmityksen loppuvaiheessa.

Fiirustuksen kaavio 1 havainnollistaa lämmänsiirtotehoa uunista lasiin. Kaaviossa 1 on johtuminen sekä konvektio yhdistetty sekä yläpuolelta että alapuolelta lasia katsoen. Molemmissa tapauksissa lämmönsiirtymiskertoimen on oletettu olevan vakio, sillä yläpuolelta lasia katsoen konvektiolämpövirta on joka tapauksessa pieni ja alapuolen johtumislämpövirta on luonteeltaan hyvin tarkasti ainoastaan lämpötilaerosta riippuva. Tarkasti ottaen johtumislämpövirran kuvaaja

C pitäisi olla hieman ylöspäin kaareutuva kuten lämpösäteilykin, vapaan konvektiolämpövirran kuvaaja A pitäisi olla päinvastoin hieman alaspäin kaareva.

Lasin taipumisen tai sen aiheuttamien haittojen ehkäisemiseksi tunnetaan seuraavia keinoja:

1. Käytetään asbestiteloja tai muita vastaavia kuitumateriaaleja, joiden lämmönvarastointikyky on tilavuuteen nähden pieni ja joide lämmönjohtavuus on mahdollisimman pieni. Menettelyn perusidea on siinä, että luovuttaessaan aluksi nopeasti lämpöä, telan pintalämpötila laskee aiheuttaen lähinnä säteilytehossa voimakkaan muutoksen. Tämän voi selvästi nähdä vertailtaessa kaaviossa 1 kuvaajia B ja D, joista edellinen vastaa 720°C lämpötilaa ja jälkimmäinen 670°C lämpötilaa. Myöhemmin lasin lämmitessä uuni pystyy luovuttamaan telaan enemmän lämpöä kuin mitä lasi ottaa, jolloin telan pinnan lämpötila palautuu alkutilaansa, joka kuormituksen aikana käytännössä on aina alhaisempi kuin uunin lämpötila.

Tällaisissa uuneissa lasi myöskin alussa taipuu erittäin voimakkaasti reunat ylöspäin, mutta oikenee sitten suhteellisen nopeasti tejen jäähtyessä.

Tämänkaltaisten telojen käytöstä on kuitenkin joitakin suuresti haitallisia ominaisuuksia:

- 1.1 Telojen elinikä on suhteellisen lyhyt; jatkuvassa 3-vuorotyössä vain 1 - 3 vuotta.
- 1.2 Koska telat vaativat terässydämen ja näillä on tunnetut virheominaisuutensa, tela alkaa jonkin ajan kuluttua "heittämään" epäkeskeisyyden vuoksi.
- 1.3 Lasin keskusta tulee kuitenkin helposti jälkiä alkukaareutuksen takia. Pääsääntöisesti lasit täytyy pestä karkaisun jälkeen asbestipölyn vuoksi.
- 1.4 Lasin lämpiäminen on hyvin epätasaista, koska etureuna pystyy jäädyttämään telaa voimakkaasti ja keskiosa sekä kulloinkin takareunana oleva lasi lämpiävät vähemmän. Koska lasi kulkee edestakaisin, jää keskusta paljon kylmemmäksi kuin lasin pään ja seurauksena laatu on huono ja lasi särkyy helposti karkaisussa.
- 1.5 Telan jäähtyminen riippuu hyvin suuresti lasin koosta ja pa-

suudesta, joten lämmönsäätö muodostuu vaikeaksi.

2. Asennetaan teloja harvaan. Alapuolen haitallinen lämmönjohtuminen on likipitään suoraan verrannollinen telatiheyteen, joten haittaa voidaan näin vähentää kaareutumisen osalta, mutta toisaalta tulee paljon vakavampi haitta: lasista tulee aaltomaista. Jos ajatellaan lasia kannattimien varassa olevana levynä, niin taivutusjännitykset levyssä, jotka toisaalta edustavat lasin taipumista tulla aaltomaiseksi sen ollessa pehmeässä tilassa, ovat suoraan verrannollisia telojen etäisyyden neliöön. Tämä aaltomaisuus lasissa on pahimpia ongelmia vaakakarkaisulaitoksissa, joissa on telakannatus, joten telavälin pidentämiseen ei käytännössä ole lainkaan varaa.

3. Rakennetaan lämmitysjärjestelmä erittäin pienimassaiseksi ja nopeasäätöiseksi. Perustarkoituksena on tällöin kompensoida voimakas johtumislämpövirta vastaavalla lämpöteholla lasin yläpuolelta. Haittana tällaisesta järjestelystä on järjestelmän kalleus ja monimutkaisuus, koska silloin täytyy ennakolta tietää, missä kohdin lasi uunissa liikkuu. Toisena paljon haitallisempaa tekijänä on se, että lämmitysjärjestelmässä on joka tapauksessa oma hitautensa, jolloin lämpötilojen hallinta uunissa on vaikeaa ja erityisesti vaihtelevilla uunin kuormituksilla hallinta on lähes mahdotonta. Lasin alkutaipumista ei tämäkään järjestelmä poista, vaan ainoastaan lyhentää sen kestoaikaa.

4. Pidentetään iskun pituus pidemmäksi kuin pisin lasikuormaus ja poistetaan alapuolinen lämmitys. Ideana tässä on se, että vähennetään telojen lämpötilaa, jolloin varsinkin säteilyteho nopeasti laskee. Käytännössä tämä ratkaisu edellyttää, samoin kuin vaihtoehto 3, erittäin tarkkaan ohjattua lasien lastausta ja siten uunin kuormitusta. Telojen lämpötila pyrkii heti tasoittumaan samaksi uunin kanssa, jos yksikin lastaus jää jostain syystä suorittamatta. Telojen lämpötilan pitäminen kovin alhaisena suhteessa uunin lämpötilaan on todella vaikea tehtävä, joka ei onnistu muuten kuin pitkällisen kokemuksen ja runsaan atk:n käytön avulla.

Pahin haitta tässä järjestelmässä on se, että lasin taipuminen reunat ylöspäin todellakin alussa vähenee, mutta vastaavasti lämmityksen loppuvaiheessa reunat taipuvat alaspäin eli taipumistapahtumaa ei ole poistettu vaan puolitetty siten, että taipuminen molempiin suuntiin on kutakuinkin sama. Se että lasi taipuu lopussa reunat

alaspäin, on todella tuhoisa telojen elinikään nähden, sillä terävät reunat hakatessaan teloja vasten aiheuttavat koloja ja hankauksia erityisesti karkaistaessa paksuja laseja.

Ennen kuin esitetään keksinnön mukainen ratkaisu lasin taipumisen ja sen aiheuttamien haittojen ehkäisemiseksi lasilevyjen vaakakarkaisulaitoksen uunissa, tarkastellaan lasin taipumisen fysikaalista perustaa. Jos ajatellaan lasia levynä, jonka eri pinnoille tulee lämmitysvaiheessa oma lämpövirtansa, niin lasin läpi kulkeva lämpövirta on se, joka pyrkii tasaamaan eri suuruiset ulkoapäin tulevat lämpövirrat. Jos jätetään alkutilanne ja muutos aika pois, mikä on vain lyhyt ajanjakso, voidaan normaalisti karkaistavilla lasipaksuuksilla sanoa loppulämpötilaero saavutetuksi alle 10 sekunnin aikana. Lämpötilaero pintojen välillä lähestyy raja-arvoa:

$$1) \quad \Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta q \cdot s}{\lambda}$$

ΔT = lämpötilaero

Δq = lämpövirtojen ero pintojen kesken

s = lasin paksuus

λ = lasin lämmönjohtavuus

Lämpötilan muutos lasin sisällä ei ole lineaarinen vaan toisen asteen käyrä. Taipuminen tämän lämpötilaeron johdosta voidaan kuitenkin oleellista virhettä tekemättä laskea kuten muutos olisi lineaarinen. (Käytännössä lasi taipuu enemmän kuin lineaarisella lämpötilan muutoksella laskettuna.) Tällöin säde, jolla lasi kaareutuu, saadaan seuraavasta kaavasta:

$$2) \quad R = \frac{ds}{d\phi} = \frac{s}{\alpha \cdot \Delta T}$$

R = kaarevuussäde

α = lämpölaajenemiskerroin

Taipuman ollessa pieni verrattuna lasin pituuteen saadaan taipuman arvo kaavasta:

$$3) \quad \delta = \frac{L^2}{8R} = \frac{\alpha \cdot \Delta T \cdot L^2}{8 \cdot s}$$

δ = taipuma

L = taipumaa vastaava lasin pituus

Likiarvokaava, joka selvittää lasin taipumista riippuen eri puolilta lasiin tulevien lämpövirtojen eroista, saadaan lopuksi sijoittamalla lämpötilaeron kaava 1) taipuman kaavaan 3).

$$\delta \approx \frac{\alpha \cdot L^2 \cdot \Delta q}{16 \cdot \lambda}$$

Normaalisti käytettävän tasolasin $\alpha \approx 8,7 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ ja $\lambda \approx 1 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$. Jos lisäksi oletetaan että $L = 1 \text{ m}$ ja $\Delta q = 1,0 \text{ kW/m}^2$, niin saadaan:

$$\delta = \frac{8,7 \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ W} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}}{10^6 \text{ } ^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot 1 \text{ W} \cdot 16} \approx 0,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Eli karkeana sääntönä voidaan pitää, että 1 metrin pituudelle tuleva taipuma on noin 0,5 mm, kun lasiin eri puolilta saapuvien lämpövirtojen erotus on 1,0 kW/m². Taipuma on lasin paksuudesta riippumaton.

Oheisissa patenttivaatimuksissa määritellyn keksinnön, jonka oleelliset tunnusmerkit ilmenevät vaatimuksista 1 ja 8, mukaisen ratkaisun perusajatuksena on se, että jos aikaansaadaan lasin yläpuolelle pakotetun konvektion avulla lämpövirtä, joka on vastaava kuin alapuolelta teloista pääsääntöisesti johtumalla siirtyvä lämpövirtä, niin myöskin kokonaislämpövirtä on koko lämmitysvaiheen ajan yhtä suuri lasilevyn molemmiin puolin. Ideaaliratkaisussa, jossa telojen lämpötila ei lainkaan laske kuormituksen seurauksena, näin hyvin tarkkaan olisikin. Mutta koska telat siirtävät lämmön uunin pohjalta lasiin ja kuitenkin itse ovat passiivisia lämmönlähteitä, niin niiden lämpötila kaikesta huolimatta hieman laskee kuormitettuna. Tämän vuoksi pakotettuun konvektioon on keksinnössä tehty se lisäpiirre, että likipitään puolella välissä lämmitysjaksoa lasin yläpinnan lisäkonvektiolämmitys lopetetaan, jolloin lämmitysjakson lopussa lasin taipumus kaa-reutua reunat alaspäin vähenee.

Tätä keksinnön perusoivallusta havainnollistetaan seuraavassa vertaamalla piirustusten kaavioita 1 ja 2.

Kaaviossa 1. esitetään lämmitystehoa lasin lämpötilan funktiona lasin molemmiin puolin, kun uunin yläosan lämpötila on 720^oC ja telat ovat tästä jäähtyneet siten, että lasin alapuolelta katsottuna lämpötila vastaa 670^oC säteilevää pintaa. Suora A vastaa yläpuolista johtumisen sekä konvektion aiheuttamaa lämpövirtaa. Lämmönsiirtymiskerroin on 3 W/m²°C. Suora C on vastaava kuin suora A, mutta lasin

alapuolelta katsoen. Lämmönsiirtymiskerroin on $20 \text{ W/m}^2\text{C}$. Käyrät B ja D kuvaavat säteilylämmön siirtymistä, kun säteilevä pinta on 720°C (käyrä B) tai 670°C (käyrä D). Lisäksi on edellisten summakäyrät, jotka kuvaavat kokonaislämmönsiirtymistä lasin eri puolille. Viivoitettu alue kuvaa tehoeroa lasin pintojen välillä. Viivoitetun alueen luonne vastaa täysin aiemmin selostettua lasin kaareutumisilmiötä uunissa. Kaaviosta näkee myöskin, että tehoero lämmitysjakson alussa ja lopussa on noin $5 - 6 \text{ kW/m}^2$. Alussa lasin yläpuolen teho on pienempi, lopussa alapuolen. Mikäli lasin alapuolen (telojen) lämpötila laskee (käyrä D), niin se merkitsee ainoastaan, että alkutehoero pienenee, mutta lopputehoero vastaavasti kasvaa. Alku- ja lopputehoeron summa on vakio niin kauan kuin alussa summakäyrä $C + D > A + B$.

Kaavio 2 on vastaava kuin aiemmin esitetty kaavio 1. Erotuksena on telojen lämpötila, joka on korkeampi kuin kaaviossa 1 sekä se, että suora A on jakautunut kahteen osaan: A_2 joka on täysin vastaava kuin kaaviossa 1 esitetty suora A, ja A_1 joka kuvaa keksinnön mukaista pakotetun lisäkonvektion kuvaajaa lasin yläpuolelta katsoen. Systemin idea on se, että lämmityksen aikana aiheutetaan lasin yläpuolelle pakotetun konvektion avulla vastaava lämmönsiirtyminen, kuin telat aiheuttavat lasin alapuolelle johtumisen kautta. Nämä lämmönsiirtymismuodot käyttäytyvät samalla tavoin lämpötilan ja lämpötilaerojen suhteen. Koska käytännössä on kuitenkin mahdoton kehittää lämmönsäätöjärjestelmää, missä passiivit telat pysyisivät yhtä kuumina kuin uuni yleensä, niin telojen lämpötila on otettu 20°C alemmaksi kuin uunin yläosan lämpötila.

Pakotettu konvektio (suora A_1) aiheuttaisi lämmitysvaiheen lopussa turhan suuren tehoeron (noin $1 - 1,5 \text{ kW/m}^2$ lisää) niin päin, että lasin reunat taipuisivat alaspäin. Tästä johtuen on pakotettu konvektio lopetettu kesken lämmitysvaiheen, kohdassa jossa lasin lämpötila on noin 450°C mikä vastaa kutakuinkin ajallista lämmityksen puoliväliä.

Käytännön uunissa esiintyy edellä selostettujen käyttäytymisten lisäksi ilmiö, joka hieman muuttaa kaavioissa esitettyjä käyriä. Nimittäin kun kylmä lasi menee telojen päälle uuniin ja ottaa niistä aluksi erittäin suuren tehon, niin telojen lämpötila laskee. Kaavioissa telojen lämpötila on pidetty vakiona, mutta tosiasiaassa se on vain keskiarvo aaltomaisesta muutoksesta, jonka eroalue on

5 - 30°C riippuen lasin paksuudesta, sekä siitä onko lasi koko ajan tietyn telan kohdalla. Tämä lisäilmiö muuttaa kaaviota 1 siten, että lasin kaareutuminen reunat ylöspäin vaihtuu nopeammin taipumiseksi reunat alaspäin ja lopussa taipuminen ei ole aivan niin suuri, mitä kaavio antaisi tulokseksi. Kaaviossa 2 tapahtuu samoin kuin edellä selostettiin, joten pakotettu lisäkonvektio (suora A_1) täytyy katkaista aiemmin, jottei lasi taipuisi reunat alaspäin. Käytännössä on todettu, että ohuilla laseilla (4 - 5 mm) sopiva katkaisuhetki on noin 350°C ja paksuilla (10 - 12 mm) noin 200°C. Testeissä on lisäksi huomattu, että sopiva lisäkonvektion katkaisuhetki onkin vakio aika (noin 60 sek.) siitä, kun lasi siirtyi uuniin. Tämä selittyykin hyvin sillä, että tela alkaa jäähtyä lähes vakio nopeudella, kun kylmä lasi siirtyy uuniin. Vasta myöhemässä vaiheessa, kun uunin ja lasin välinen lämpötilaero pienenee, alkaa paksumman lasin aiheuttama suurempi telojen pintalämpötilan lasku vaikuttaa.

Keksinnön mukaisen menetelmän toteuttamiseen tarkoitettu laite on kuvattu kaaviollisesti oheisissa piirustuksissa, joissa

kuvio 1 esittää laitetta päältä nähtynä ja

kuvio 2 esittää laitetta poikkileikkauksena.

Kuvio 3 havainnollistaa keksinnön mukaisella laitteella aikaansaatua ilman virtausta lasilevyn yläpuolella.

Kuvio 4 esittää lämmönsiirtymiskertoimen muuttumista pienemmäksi laminaarivirtauksen alueella ilman kulkusuunnassa.

Uunin 1 sisään noin 50 - 60 mm telojen 2 yläpuolelle on asennettu kuumen kestävästä teräksestä valmistettuja paineilmaputkia 3. Putket 3 on sijoitettu poikittain lasin kulkusuuntaan nähden eli samaan suuntaan kuin telat 2. Putkia 3, jotka ovat noin 1 - 2 m välein uunissa, syötetään yhteisellä paineilmasyötöllä kompressorista 4 painesäiliön 5, suodattimen 6, paineenvähennysventtiiliin 7, magneettiventtiiliin 8 ja vastusventtiiliin 9 kautta. Ilmansyöttöputken 10 läpimenon (ulkoa uuniin) yhteydessä voi olla myöskin lämmönvaihdin 11. Lämmönvaihtimen 11 ansiosta paineilmaa voidaan esilämmittää ennen uuniinpuhallusta, jolloin ilman kriittinen puhallusnopeus kasvaa ja täten paineilmaasta saadaan suurempi hyöty uuniin puhallettavien ilma-

suihkujen 12 toimiessa injektoriperiaatteen mukaan. Jokaisessa poikittaisessa paineilmaputkessa 3 on halkaisijaltaan noin 1 mm:n reiät vaakasuorassa molempiin suuntiin noin 100 mm:n välein. Paine puhallusrei'istä on noin 0,1 - 1,0 bar aiheuttaen noin 1 - 10 m/s keskimääräisen ilman nopeuden lasin pinnalle. Ilmasuihkujen purkautumisnopeus rei'istä voi olla noin 150 - 500 m/s.

On tärkeää, että puhallukset ovat molempiin suuntiin yhtä aikaa, sillä silloin ilma kiertää lyhyttä kierrosta lasin pinnalle (kuvio 3), eikä siten pääse muodostamaan laminaarivirtauksen aluetta (kuvio 4), jossa lämmönsiirtymiskerroin nopeasti muuttuu pienemmäksi ilman kulkusuunnassa.

Paineilman kulutus on puhalluksen aikana vain noin 4 - 20 m³/h per m² lasitasoa uunissa. 6 mm:n laseilla kulutus on täten (lämmitysaika 240 sek ja puhallusaika 60 sek) 1 - 5 m³/h per m².

Koe-uunissamme, joka käsittelee 1,2 x 2,2 metrin suuruisia laseja, on vastaava kulutus noin 5 - 25 m³/h, jonka lämmöntarve on vain noin 1 - 5 kW. Tämä on pieni teho verrattuna 175 kW:n uunin lämmitystehoön. Lämmönvaihtimella lämpöhäviö on voitu pudottaa puoleen edellisistä arvoista.

Lisäksi on huomattava uunin kapasiteetin kasvu lisäpuhalluksen vuoksi, jolloin muista uunin lämpöhäviöistä johtuva häviöteho jakautuu suuremmalle määrälle laseja. Onkin todettava, että uunin tehonkulutus tuoteyksikköä kohden ei lisäännä, vaan jopa vähenee paineilmapuhalluksen ansiosta.

Paineilmalla järjestetyllä injektoripuhalluksella on käytännössä ne edut, että järjestelmä on helppo asentaa uuneihin, se on nopea sekä käytännöllisesti katsoen massaton, eikä se estä normaalia tehonsiirtoa uunista lasiin, ja lisäksi portaaton säätö voidaan saada aikaan.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä lasilevyjen kaareutumisen estämiseksi teloilla varustetussa vaakakarkaisulaitoksen uunissa, jossa menetelmässä lasilevyt johdetaan vaakatasossa vaakasuorien telojen (2) muodostamalla kuljettimella uunin (1) läpi, jolloin lasilevyn vastakkaisiin pintoihin kohdistuu lasilevyn ylä- ja alapuolella olevien vastuselementtien, telojen ym. uunin osien aiheuttama johtumis-, konvektio- ja säteilylämpövaikutus, t u n n e t t u siitä, että lasilevyn yläpinnalle aiheutetaan pääasiassa turbulenssi ilmavirtaus (1 - 10 m/s) keskimääräisellä nopeudella lasilevyyn nähden, lasilevyn yläpintaan kohdistuvan konvektiolämpövaikutuksen tehostamiseksi.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ilmaa puhalletaan lähellä lasilevyn yläpintaa uunin pituussuuntaisina kapeina suihkuina, jotka injektorivaikutuksella aikaansaavat ilman turbulenssivirtauksen.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ilman puhallussuihkut (12) on suunnattu määrätyin välimatkoin vastakkain uunin pituussuuntaisten lyhyiden kiertovirtausten aikaansaamiseksi.
4. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että uuniin puhallettava ilma esilämmitetään uunista pois virtaavalla ilmalla.
5. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäkonvektion aikaansaava ilmavirtaus katkaistaan kesken lämmitysjakson ennalta määrätyn ajan kuluttua siitä kun lasilevy siirtyi uuniin.
6. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäkonvektion aikaansaava ilmavirtaus katkaistaan kesken lämmitysjakson kun lasi on saavuttanut määrätyn lämpötilan, joka lasin paksuudesta riippuen vaihtelee välillä 200 - 450°C.
7. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen 1-4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäkonvektion aikaansaavaa ilmavirtausta säädetään ajan tai mitatun lasin lämpötilan mukaan.

8. Laite yhden tai useamman edellä olevan patenttivaatimuksen mukaisen menetelmän suorittamiseksi, johon laitteeseen kuuluu uuni (1), sen sisäpuolella olevat lämmitysvastukset (13) uunin lämpötilan pitämiseksi lähellä lasin pehmenemislämpötilaa, uunin sisäpuolella olevat vaakasuuntaiset telat (2), jotka kannattavat vaakasuuntaista lasilevyä ja muodostavat sen kuljettimen, t u n n e t t u siitä, että uunin (1) sisäpuolelle telojen (2) ja niiden yläpuolella olevien lämmitysvastusten (13) väliin on sijoitettu rei'itettyjä putkia (3), jotka on yhdistetty paineilmalähteeseen (4) vaakasuuntaisten ilmasuihkujen puhaltamiseksi lasilevyn yläpinnan yläpuolelle.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että rei'itetyt putket (3) ovat uunin poikittaissuunnassa eli telojen (2) suuntaiset ja niissä on uunin etu- ja takapäätä kohti avautuvia reikiä vastakkaissuuntaisten ilmasuihkujen (12) puhaltamiseksi

Patentkrav

1. Förfarande för att förhindra glasskivors böjning i en med valsar försedd ugn i en horisontalhärdningsanordning, i vilket förfarande glasskivorna föres vågrätt på en av vågräta valsar (2) bildad transportör genom en ugn (1), varvid på glasskivans motsatta ytor appliceras en av på glasskivans ovan- och undersida belägna motståndselement, valsar o.d. ugnsdelar förorsakad lednings-, konvektions- och strålningsvärmeverkan, k ä n n e t e c k n a t därav, att på glasskivans övre sida åstadkommes en i huvudsak turbulent luftström (1 - 10 m/s) med medelhastighet i förhållande till glasskivan för effektivisering av den på glasskivans övre yta applicerad konvektionsvärmeverkan.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav att luft blåses nära glasskivans övre yta som smala strålet i ugnens längdriktning, som under injektionsverkan åstadkommer luftens turbulensströmning.

3. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att luftens blåsstrålar (12) är riktade med bestämda avstånd mot varandra för åstadkommande av korta virvelströmningar i ugnens längdriktning.

4. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n -

n e t e c k n a t därav, att luften som blåses in i ugnen förvärmes med ur ugnen utströmmande luft.

5. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att tilläggskonvektion åstadkommande luftström avbrytes mitt i uppvärmningsfasen efter en bestämd tid från det glasskivan försköts in i ugnen.

6. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att tilläggskonvektionen åstadkommande luftström avbrytes mitt i uppvärmningsfasen då glaset uppnått en bestämd temperatur, som beroende på glasets tjocklek varierar mellan 200 - 450°C.

7. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven 1 - 4, k ä n n e t e c k n a t därav, att tilläggskonvektion åstadkommande luftström regleras enligt tid eller den uppmätta temperaturen för glas.

8. Anordning för utförande av förfarandet enligt ett eller flere av föregående patentkrav, vilken anordning består av en ugn (1), värmemotstånd (13) inne i ugnen för upprätthållande av en ugnstemperatur nära glasets mjukningstemperatur, vågräta valsar (2) inne i ugnen, vilka uppbär den vågräta glasskivan och bildar dess transportör, k ä n n e t e c k n a t därav, att innanför ugnen (1) mellan valsarna (2) och värmemotstånden (13) ovanför dem anordnats perforerade rör (3), som är förenade med en tryckluftskälla (4) för blåsning av vågräta luftströmmar ovanför glasskivans ovansida.

9. Anordning enligt patentkravet 8, k ä n n e t e c k n a t därav, att de perforerade rören (3) anordnats i ugnens tvärriktning d.v.s. i valsarnas (2) riktning och de är försedda med mot ugnens fram- och bakända mynnande hål för blåsning av motsattningsriktade luftstrålar (12).

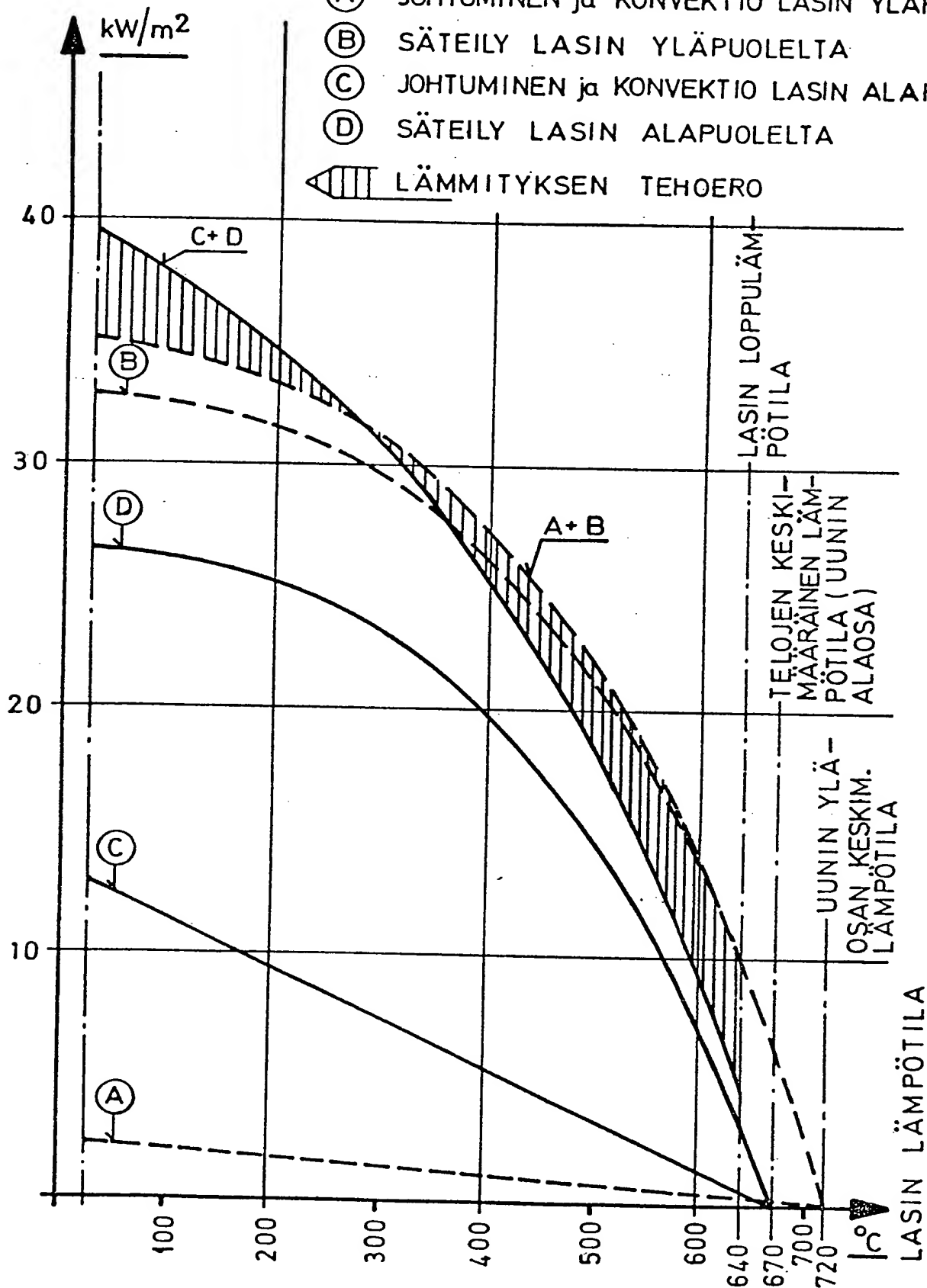
Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

LÄMMÖNSIIRTOTEHO
UUNISTA LASIIN

KAAVIO 1.

- (A) JOHTUMINEN ja KONVEKTIO LASIN YLÄPUOL.
 (B) SÄTEILY LASIN YLÄPUOLELTA
 (C) JOHTUMINEN ja KONVEKTIO LASIN ALAPUOL.
 (D) SÄTEILY LASIN ALAPUOLELTA

 LÄMMITYKSEN TEHOERO

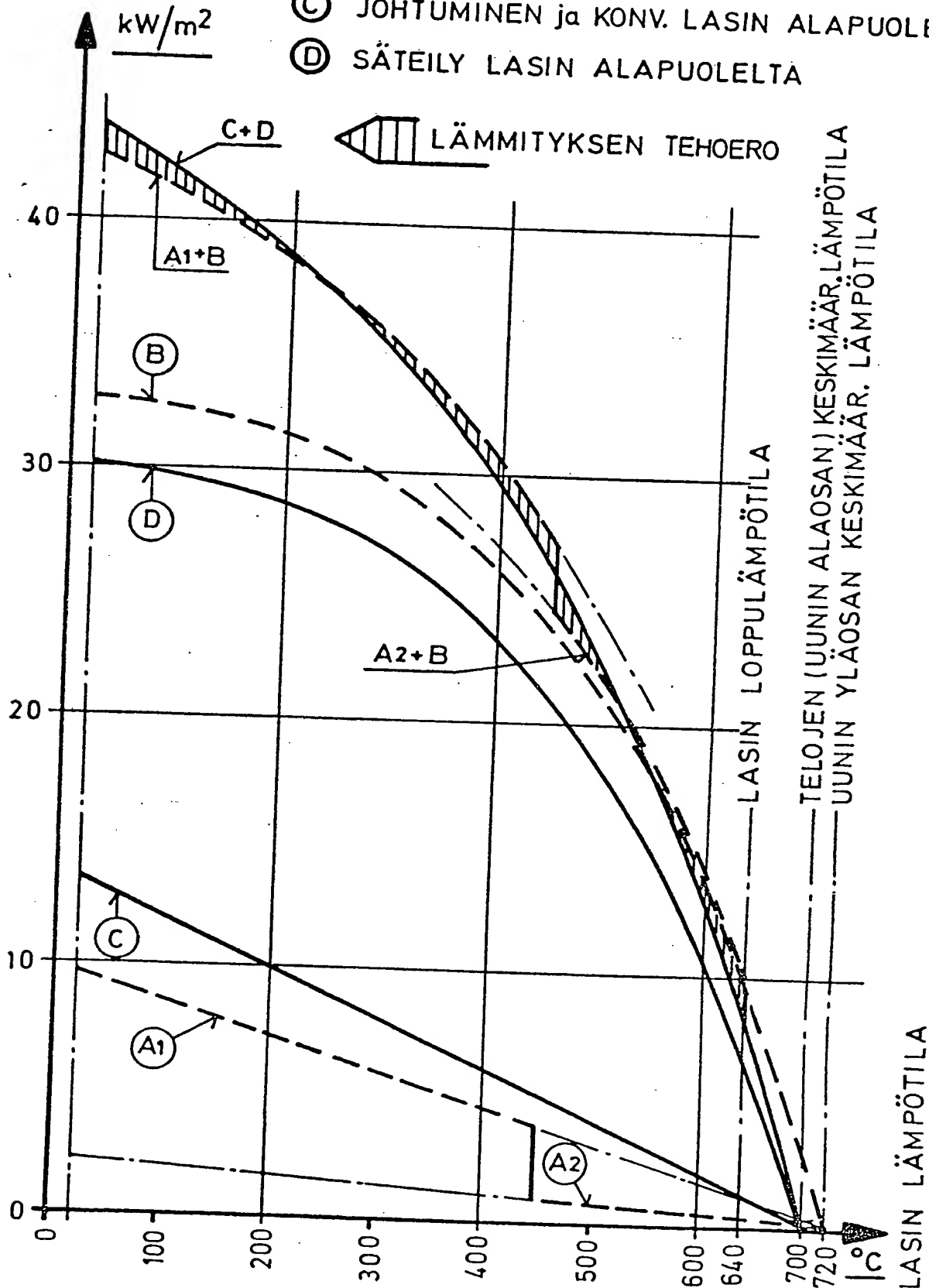


KAAVIO 2.

62043

LÄMMÖNSIIRTOTEHO
UUNISTA LASIIN

- (A) JOHTUMINEN ja KONVEKTIO LASIN YLÄPUOL.
- (B) SÄTEILY LASIN YLÄPUOLELTA
- (C) JOHTUMINEN ja KONV. LASIN ALAPUOLELTA
- (D) SÄTEILY LASIN ALAPUOLELTA



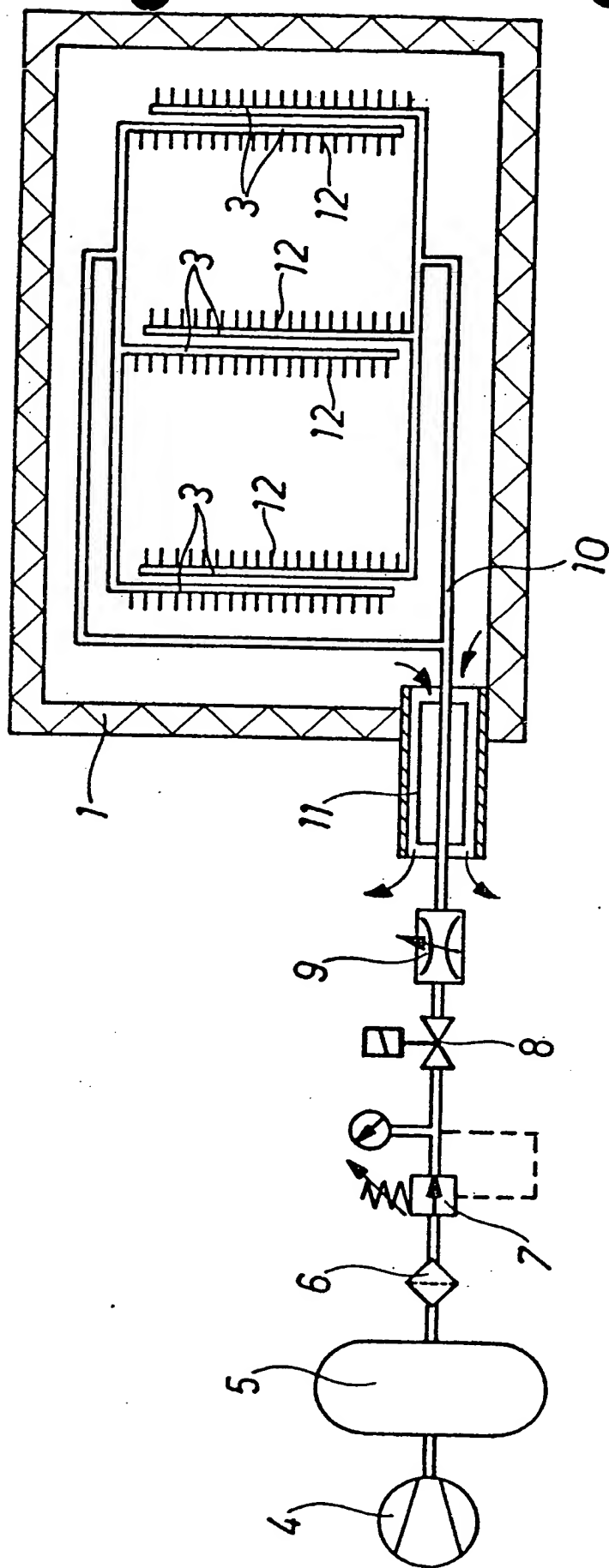


Fig. 1

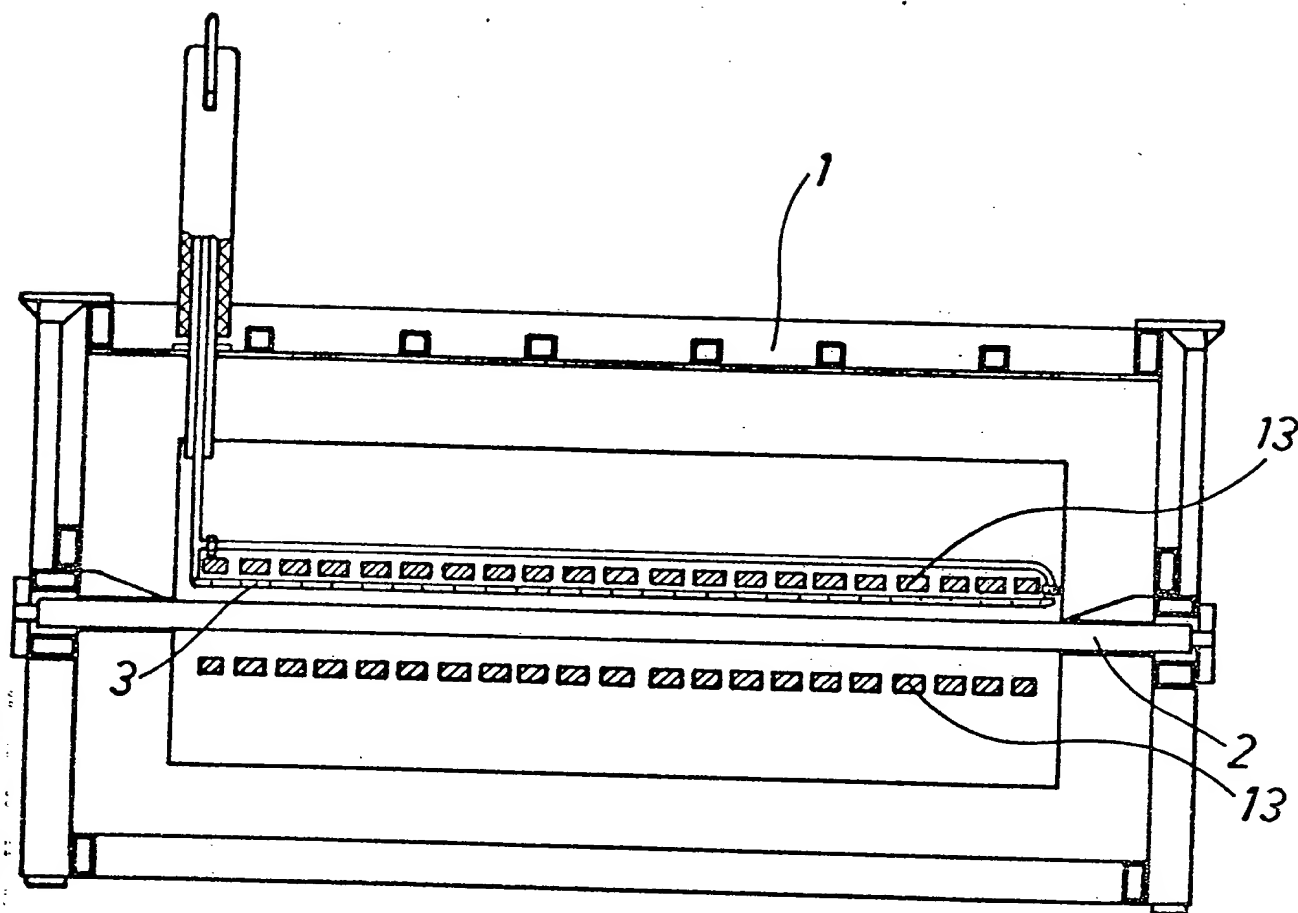
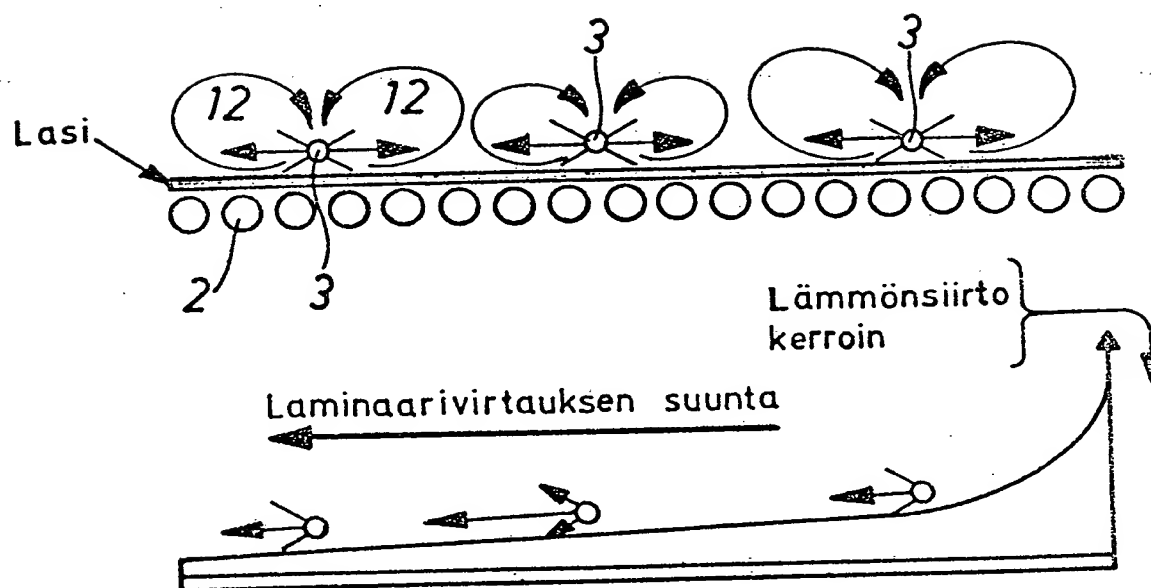


Fig. 2

Fig. 3**Fig. 4**